



TITLE:

Cooperative Vehicular Communications for High Throughput Applications(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

Taya, Akihiro

CITATION:

Taya, Akihiro. Cooperative Vehicular Communications for High Throughput Applications.
京都大学, 2019, 博士(情報学)

ISSUE DATE:

2019-09-24

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k22099>

RIGHT:

許諾条件により本文は2019-11-01に公開; 許諾条件により要旨は2019-11-01に公開; ©IEICE

(続紙 1)

京都大学	博士（ 情報学）	氏名	田谷 昭仁
論文題目	Cooperative Vehicular Communications for High Throughput Applications（大容量車載アプリケーションに向けた車車間協調通信）		
<p>（論文内容の要旨）</p> <p>本論文では、車載アプリケーションにおける大容量通信を実現するための車車間協調通信について議論する。車車間通信のための高速通信技術としてマイクロ波帯以下の分散MIMO(Multiple-Input Multiple-Output)協調伝送とミリ波帯のマルチホップリレー技術に焦点を当て、それぞれの課題を解決する手法を提案する。さらに、具体的なアプリケーションについてミリ波通信を効率よく利用するための同時送受信対選択のスケジューリングを提案する。</p> <p>分散MIMO協調伝送については、干渉抑制のためのチャネル情報のフィードバック量が、協調に参加する基地局数や車両数に伴って増加する問題に対して、フィードバック量を削減するプリコーディング法とそのためのMIMO復調手法を提案する。提案するプリコーディング法ではそれぞれの基地局が送信信号をプリコーディングする際にシステム全体のチャネル情報ではなく自身から特定の受信車両へのチャネル情報のみを用いてプリコーディングを行う。一部のチャネル情報のみを用いるため、受信車両から基地局へのチャネル情報のフィードバック量の低減が可能である。しかし、干渉を完全には除去できず、受信機側で干渉信号を除去する必要がある。提案するMIMO受信機では、干渉信号を除去するためMIMO復調器とターボ復号器との間で信号の対数尤度比率を交換しながら繰り返し復号を行い、信号推定精度を向上させる。</p> <p>ミリ波通信を車車間通信へ応用する際の課題として通信可能距離の短さが挙げられる。複数車両でリレーを形成してフォワーディングを行うことで基地局のカバレッジの狭さを補うことが可能であり、道路に沿って長いリレーを形成することで基地局から離れた場所からもリレーを介した路車間通信が可能となる。本論文ではできるだけ長いリレーを形成できるよう車両が自律的に互いの相対位置を変化させる手法を提案する。ミリ波通信では遮蔽の影響により通信品質が劣化するため、車両同士の通信可否を単純なモデルで表すことができず、リレー拡大のための行動規則を予め定めることは困難である。そのため、提案手法では機械学習の一種である強化学習を用いることで、試行錯誤によりリレーを拡大するための行動規則を環境に則して自律的に学習することを目指す。深層強化学習を用いることで複雑な行動規則を学習でき、遮蔽が頻繁に発生する環境下でもリレーの拡大が可能となる。</p> <p>さらに、大容量車載アプリケーションとして画像データ等の共有により複数の車両が協力して周囲を認識するCooperative Perceptionに着目し、ミリ波車車間通信での同時通信可能な送受信対選択のスケジューリング方式を提案する。複数車両がミリ波通信で効率よくデータを共有するためにはアンテナの指向性を活用した空間的再利用率とフォワーディングの経路の両方を考慮する必要がある。提案手法では車両で形成されたマルチホップネットワーク上で、干渉を考慮して同時通信の可能な送受信車両対を選択するスケジューリングをグラフ上の最適化問題として定式化し、この最適化問題を解くことで全車両での効率のよいデータ共有を可能とする。</p> <p>本論文の章構成について述べる。第1章と第2章で研究背景と関連技術について述べた後、第3章で分散MIMO協調伝送におけるチャネル情報を削減するプリコーディング手法とその受信機を提案する。第4章ではミリ波リレーを拡大する車両移動制御を提案し、第5章でCooperative Perceptionのためのミリ波同時通信スケジューリングを提案する。最後に第6章で本論文を統括する。</p>			

注) 論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は1頁を38字×36行で作成し、合わせて、3,000字を標準とすること。

論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400～1,100 wordsで作成し
審査結果の要旨は日本語500～2,000字程度で作成すること。

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、車載アプリケーションにおける大容量通信を実現するための車車間協調通信に関する研究である。本研究で得られた主な成果は以下の通りである。

1. 分散MIMO(Multiple-Input Multiple-Output)協調伝送については、干渉抑制のためのチャネル情報のフィードバック量が、協調に参加する基地局数や車両数に伴って増加する問題に対して、フィードバック量を削減するプリコーディング法とそのためのMIMO復調手法を提案している。提案するプリコーディング法ではそれぞれの基地局が送信信号をプリコーディングする際にシステム全体のチャネル情報ではなく自身から特定の受信車両へのチャネル情報のみを用いてプリコーディングを行うことを特徴としている。しかしながら、一部のチャネル情報のみを用いるため、受信車両から基地局へのチャネル情報のフィードバック量を低減できる反面、干渉を完全には除去できず、受信機側で干渉信号を除去する必要があるが生じる。提案するMIMO受信機では、MIMO復調器とターボ復号器との間で信号の対数尤度比率を交換しながら繰り返し復号を行うことで、干渉信号を含む信号からも所望信号を復調することを可能にし、信号推定精度を向上することに成功した。
2. ミリ波通信を車車間通信へ応用する際の課題として通信可能距離の短さが挙げられる。複数車両でリレーを形成してフォワーディングを行うことで基地局のカバレッジの狭さを補うことが可能であり、道路に沿って長いリレーを形成することで基地局から離れた場所からもリレーを介した路車間通信が可能となる。本論文では可能な限り長いリレーを形成できるよう車両が自律的に互いの相対位置を変化させる手法を新たに提案している。ミリ波通信では遮蔽の影響により通信品質が劣化するため、車両同士の通信可否を単純なモデルで表現することができず、リレー拡大のための行動規則を予め定めることは困難である。そのため、提案手法では機械学習の一種である強化学習を用いることで、各車両が試行錯誤によりリレーを拡大するための行動規則を環境に則して自律的に学習する。深層強化学習を用いることで複雑な行動規則を学習し、遮蔽が頻繁に発生する厳しい通信環境下でもリレーの拡大に成功した。
3. 大容量車載アプリケーションとして画像データ等の共有により複数の車両が協力して周囲を認識するCooperative Perceptionに着目し、ミリ波車車間通信での同時通信可能な送受信対選択のスケジューリング方式を提案した。複数車両がミリ波通信で効率よくデータを共有するためにはアンテナの指向性を活用した空間的再利用率とフォワーディングの経路の両方を考慮する必要がある。提案手法では車両で形成されたマルチホップネットワーク上で、干渉を考慮して同時通信の可能な送受信車両対を選択するスケジューリングをグラフ上の最適化問題として定式化し、この最適化問題を解くことで全車両での効率のよいデータ共有を実現することに成功した。

以上、本論文は車載アプリケーションにおける大容量通信を実現するための車車間協調通信に関する有用な新規手法を提案し、移動無線通信技術の発展に貢献するものである。本論文の内容は、学術上、実用上ともに寄与するところが少なくない。よって本論文は博士(情報学)の学位論文として価値あるものとして認める。

また令和元年7月29日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。なお、本論文は、京都大学学位規程14条第2項に該当するものと判断し、公表に際しては、(令和元年10月31日までの間)当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。

注) 論文審査の結果の要旨の結句には、学位論文の審査についての認定を明記すること。
更に、試問の結果の要旨(例えば「平成 年 月 日論文内容とそれに関連した

口頭試問を行った結果合格と認めた。」）を付け加えること。

Webでの即日公開を希望しない場合は、以下に公開可能とする日付を記入すること。
要旨公開可能日：令和元年 1 1 月 1 日以降